

ОТЗЫВ

официального оппонента, профессора кафедры «Мехатроника и автоматизация технологических систем» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный университет», доктора технических наук, профессора **Попова Анатолия Михайловича** на диссертационную работу **Быковой Светланы Михайловны** на тему «Разработка технологии получения томатного порошка с использованием инфракрасной сушки томатов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3. Пищевые системы

Актуальность темы диссертации. Сохранение плодов и овощей, выращенных сельскохозяйственными организациями и крестьянско-фермерскими хозяйствами, на длительный период потребления и получения из них различных пищевых продуктов является актуальной задачей, решение которой возможно при разработке ресурсосберегающих технологий хранения и переработки с использованием последних достижений науки и техники.

В диссертационной работе соискатель решает проблему сохранности урожая томатов, выращенных в хозяйствах Иркутской области, путем применения инфракрасной сушки измельченных плодов томатов на основе использования толсто пленочных резистивных нагревателей, имеющих низкий уровень энергопотребления. Получение томатного порошка из сухих томатов обуславливает особую актуальность исследований при разработке новой энергосберегающей технологии.

Использование инфракрасных сушильных установок имеет значительные преимущества перед другими методами. При инфракрасной сушке обеспечивается выполнение основных требований для процесса тепловой обработки и сушки – минимальные затраты электрической энергии и минимум потерь биологически активных и питательных веществ.

Вне всякого сомнения, диссертационная работа Быковой С.М. является актуальной и позволяет решить вопрос об обеспечении сохранности томатов в условиях сезонности их выращивания и потребления в регионе Сибири, а также расширить ассортимент пищевой продукции, приготовленной с использованием томатного порошка.

Научная новизна. Автором получена зависимость изменения электрического сопротивления томатов от влажности и построена номограмма, позволяющая определить значения промежуточной влажности, плотности и удельной теплоемкости томатов по величине электрического сопротивления. Рассчитаны и получены сведения по постоянной времени нагрева и скорости нагрева измельченных томатов в зависимости от их промежуточной влажности в процессе инфракрасной сушки.

Впервые исследована возможность использования толсто пленочных резистивных нагревателей для сушки томатов, по диапазону спектра и температуре нагрева относящихся к темным низкотемпературным длинноволновым излучателям. В ходе исследований соискателем выявлено, что использование дан-

ных нагревателей позволяет получить сухой томат с минимальными потерями витаминов и минеральных веществ. Для управления температурным режимом сушки томатов автором разработана энергосберегающая система управления нагревателями.

В процессе сушки томатов соискателем исследована усадка долек томатов при инфракрасной сушке, которая происходит с линейной зависимостью при уменьшении длины долек томата в 1,8-2 раза, ширины – в 1,6-1,8 раза, высоты – в 2,1-2,3 раза, и определены потери витамина С в сушеных томатах при хранении. После получения сушеного томата автором проведены исследования по его измельчению до тонкодисперсного состояния. В итоге определены параметры получения томатного порошка: влажность сухого томата – 10-11 %, температура сушки – 60 °С; время сушки – 420 мин, расход электроэнергии на получение 1 кг сушеного томата – 0,94 кВт·ч, продолжительность измельчения сушеных томатов – 4 мин до размера частиц 185-190 мкм.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретические и экспериментальные исследования позволили разработать технологию получения томатного порошка с использованием инфракрасной сушки томатов. В исследованиях по разработке технологии получения томатного порошка:

- определены технологические параметры инфракрасной сушки томатов и получения томатного порошка с использованием толстоплёночных резистивных нагревателей;
- для управления температурным режимом процесса сушки томатов разработана энергосберегающая система управления нагревателями на основе терморегулятора с твердотельным реле;
- получены данные по постоянной времени нагрева и скорости сушки измельченных томатов в зависимости от влажности, что позволяет расширить область знаний о сушке пищевых продуктов.
- предложена номограмма для определения плотности и удельной теплоемкости томатов в процессе сушки по величине электрического сопротивления;
- обосновано использование томатного порошка при приготовлении печенья, что позволит расширить ассортимент мучных кондитерских изделий.

Соискателем разработана и утверждена нормативно-техническая документация: ТУ 10.39.13-003-00492919-2022 «Томат сушеный»; ТУ 10.61.23-004-00492919-2022 «Порошок из сушеных томатов»; ТУ 10.72.12-005-00492919-2022 «Печенье сдобное и овсяное с добавками из овощей, фруктов и ягод»; ТУ 28.93.16-006-00492919-2024 «Установка сушильная инфракрасная с толсто-плёночными резистивными нагревателями»; технико-технологическая карта на томат сушеный.

Томатный порошок, полученный из сушеных томатов, использовался в цехе по производству хлебобулочной и кондитерской продукции СХ ПАО «Белореченское» и в кондитерском цехе «Радуга» ИП Беляков Д.В. для получения печенья с томатным порошком. Испытания, проведенные на предприятиях, получили положительные отзывы производителей.

Научные положения и практические решения по разработке технологии инфракрасной сушки томатов внедрены в учебный процесс кафедры энерго-

обеспечения и теплотехники и кафедры технологии переработки сельскохозяйственной продукции и ветсанэкспертизы ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ. Полученные результаты используются при организации научно-исследовательской и лабораторно-практической работы студентов, обучающихся по направлениям подготовки «Агроинженерия», «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» и «Теплоэнергетика и теплотехника».

Часть результатов, изложенных в диссертации, использовались автором при выполнении ряда научно-исследовательских работ: грант Иркутского ГАУ «Инновационные разработки в АПК» (2021, 2023); грант «Студенческий стартап» Фонда содействия инновациям (2023-2024).

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Соискателем сформулированы пять защищаемых положений. Общие выводы по работе содержат пять пунктов. Изложенные в диссертационной работе научные подходы, положения и основные выводы обоснованы и являются следствием полученных новых экспериментальных данных. Достоверность полученных результатов подтверждена применением современного лабораторного оборудования, статистической математической обработкой экспериментальных данных и апробацией в производственных условиях.

Основные результаты работы доложены и обсуждены на научных конференциях, проведенных в вузах и научных институтах в городах: Краснообск, Красноярск, Курск, Майский, Молодежный, Москва, Омск, Саратов. Результаты исследований прошли региональный и всероссийский уровень апробации путем участия автора в выставках, конкурсах и грантах.

Исходя из этого, научные положения, выводы и результаты диссертационной работы следует считать обоснованными и достоверными.

Методология и методы диссертационного исследования. При выполнении работы использованы общепринятые, стандартные и специальные методы исследований, статистические методы обработки и получения достоверной информации. Качественные и количественные показатели готовой продукции определены в следующих научно-исследовательских организациях:

- ФГБУ «Иркутская межобластная ветеринарная лаборатория»;
- научно-испытательный центр ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ;
- институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН;
- ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве»;
- Иркутская областная лаборатория ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных».

Измерение электрического сопротивления томатов проведено с помощью цифрового мегаомметра ТМ-2501. Температура поверхности нагрева томатов и нагревателей в процессе сушки определялась с использованием портативного тепловизора testo 875i и компактного инфракрасного термометра testo 835. Измельчение сушеных томатов до порошкообразного состояния осуществлялось с помощью лабораторной центробежной мельницы. Размер частиц томатного порошка исследован с помощью лазерного анализатора размера частиц Fritsch Analysette 22 Microtec.

Оценка содержания работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы, включающей 225 наименований, в том числе 30 на иностранном языке, содержит 150 страниц машинописного текста, 23 таблицы и 55 рисунков.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, представлены цель и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, основные методы, используемые в работе, и положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Обзор и анализ литературы по теме исследования» отражены сведения по происхождению, биологической характеристике, питательной и лечебной ценности томатов. Проведен анализ существующих методов, способов и технических средств переработки томатного сырья, в том числе тепловой обработки и сушки, представлен обзор работ по применению сушеного томатного сырья в пищевой промышленности и в агропромышленном комплексе. На основе изученных и проанализированных материалов сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе «Организация работ, оборудование, объекты и методы исследования» дано описание организации экспериментальных исследований, объектов и методов исследований, приборного и лабораторного оборудования, представлен перечень организаций, в которых проводились лабораторные и производственные исследования.

В работе в качестве объекта исследования выбран гибрид «Митридат», пригодный для выращивания в суровых климатических условиях Прибайкалья во всех видах современных конструкций теплиц. Плоды гибрида созревают дружно и бывают практически одного размера, сохраняют свои товарные качества в течение 18-25 дней и хорошо переносят транспортировку на дальние расстояния. Для определения наилучшей формы нарезки плодов томатов для их эффективной сушки автором проведены предварительные исследования. Наиболее предпочтительной формой нарезки плодов томатов является их разрезание на равные дольки, что удобно и практично с точки зрения сохранения целостности измельченных томатов при сушке и упаковке.

Подробно описано оборудование, применяемое при проведении экспериментальных исследований, представлены структура и состав нагревателей, а также приведены принципиальные схемы управления температурным режимом сушки нарезанных плодов томатов. В качестве нагревательных элементов в исследованиях использовались толстоплёночные резистивные нагреватели, серийно выпускаемые предприятием ООО «Термостат» (г. Иркутск).

В третьей главе «Результаты исследований и их анализ» в ходе исследований определено электрическое сопротивление, постоянная времени нагрева и скорость нагрева томатов. Исследовано использование и энергетическая эффективность толстоплёночных резистивных нагревателей для сушки томатов и влияния температурных режимов сушки на качество готовой продукции. Определены параметры измельчения сушеных томатов при получении томатного порошка. Проведен анализ органолептических показателей, витаминного, аминокислотного и минерального состава свежих томатов, сушеных томатов и томатного порошка. Томатный порошок, свежие и сушеные томаты исследо-

ваны по показателям безопасности. Разработана рецептура печени с томатным порошком. Проведена органолептическая и дегустационная оценка продукции, а также изучена ее микроструктура. Разработана технологическая линия и техническая документация по производству сушеных томатов и томатного порошка, рассчитаны технико-экономические показатели. Проведено внедрение результатов работы в учебный процесс и опытно-промышленная апробация в условиях производства.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации. Автореферат полностью отражает содержание диссертации, написан кратко и оформлен в соответствии с требованиями. Противоречий и разночтений между диссертацией и авторефератом не выявлено.

Публикация основных результатов диссертации. Основные положения диссертации опубликованы в 27 печатных работах, в том числе 5 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России: «Вестник КрасГАУ» (категория K1) и «Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов» (категория K2), одна статья в издании, входящем в международные базы данных Web of Science и Scopus, получен патент на изобретение Российской Федерации.

Замечания по диссертации:

1. В работе автор для сушки томатов использует толстоплечные резистивные нагреватели, позволяющие получить сушеные томаты при достаточно низком уровне энергопотребления. Для наглядности следовало бы в первой главе диссертации привести сравнительный анализ технико-экономических характеристик используемых автором и существующих в настоящее время на рынке нагревательных элементов.

2. На рисунке 2.2 диссертации (стр. 37) представлена схема с перечнем организаций, в которых проводились исследования. Из схемы сложно понять какие конкретно показатели определялись в той или иной организации. Например, в какой организации определялись витамины, минеральные вещества, аминокислоты и т.д.

3. В качестве объекта исследования автором обоснован и выбран гибрид томата «Митридат», который по размерам плода относится к 7-8 калибру. С какой целью постоянная времени нагрева долек томатов рассчитана для плодов с 5 по 10 калибры.

4. Почему измерение электрического сопротивления долек томатов при сушке проводится через 60 минут, а не, например, через 20, 30 или 40 минут? Чем обусловлен выбор данного промежутка времени?

5. В приложении А приведены результаты по изучению потребительских предпочтений относительно томатопродуктов и мучных кондитерских изделий. Каким образом проведем опрос 300 человек и для чего приведены данные результаты?

6. Из диссертации до конца непонятно насколько надежны при эксплуатации толстоплечные нагревательные элементы.

Замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, выполненной на высоком научно-техническом уровне.

Общее заключение. Диссертационная работа «Разработка технологии получения томатного порошка с использованием инфракрасной сушки томатов» Быковой Светланы Михайловны соответствует паспорту специальности 4.3.3. Пищевые системы, является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена актуальная научная и практическая задача повышения эффективности технологии получения томатного порошка с использованием инфракрасной сушки томатов, имеющая важное теоретическое и практическое значение.

На основании проведенного анализа диссертации и автореферата, считаю, что диссертационная работа имеет существенное значение для пищевой промышленности и агропромышленного комплекса. По своей актуальности, научной новизне и объему полученных данных, теоретической и практической значимости является научно-квалификационной работой и полностью отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.

Автор диссертационной работы Быкова Светлана Михайловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3. Пищевые системы.

Профессор кафедры «Мехатроника
и автоматизация технологических систем»,
доктор технических наук, профессор



А.М. Попов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кемеровский государственный университет»
650056, г. Кемерово, б-р Строителей, 47
E-mail: porov4116@yandex.ru
Тел. раб.: +7(3842)39-68-40

